

**Beschreibung****Verfahren und Anlage zur Herstellung flüssiger Energieträger aus einem festen Kohlenstoffträger****Technisches Gebiet**

- 5 [1] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anlage zur Herstellung flüssiger Energieträger, insbesondere von Methanol, aus einem festen Kohlenstoffträger mittels Vergasung bei Zuführung von Fremdenergie und Erzeugung eines Synthesegases zur anschließenden Synthese.
- 10 [2] Dabei ist die Erfindung insbesondere für die Anwendung in einer kompakten Anlagenkonfiguration vorgesehen. Die flüssigen Energieträger als Finalprodukte sind als Energiespeicher und für mobile oder stationäre Arbeitsaggregate bestimmt. Derartige Anlagen nutzen unter dem Hintergrund begrenzter Ressourcen, z.B. bei Erdöl, und dem in der jüngeren Zeit gestiegenen Umweltbewusstsein als Zusatzenergie Windkraft, Wasserkraft oder Solarstrom, welche erheblich an Interesse gewonnen haben.
- 15

**Stand der Technik**

- 20 [3] Nach dem Stand der Technik ist eine große Zahl von Verfahren zur Herstellung flüssiger Energieträger bekannt. Beispielsweise arbeitet der deutsche "ForschungsVerbund Sonnenenergie", eine Kooperation außeruniversitärer Forschungsinstitute, mit dem Ziel der Erforschung einer nachhaltigen Energieversorgung an neuen Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen.
- 25

[4] J. Pasel u.a. beschreiben in "Methanol-Herstellung und Einsatz als Energieträger für Brennstoffzellen", [http://www.fv-sonnenenergie.de/publikationen/th9900/th9900\\_46-53.pdf](http://www.fv-sonnenenergie.de/publikationen/th9900/th9900_46-53.pdf) Methoden der Methanolgewinnung. Methanol als alternativer Kraftstoff für den Verkehrsbereich bietet den Vorteil eines erheblichen Substitutionspotenzials für die heute benötigten Kraftstoffe, weil erneuerbare Ressourcen längerfristig eine tragende Rolle spielen werden. Dabei werden geschlossene Stoffkreisläufe als Grundvoraussetzung für nachhaltige Energiesysteme angegeben. U.a. können fossile Rohstoffe oder Reststoffe unter Einschaltung von Energie aus Windkraft, Wasserkraft oder Solarstrom vergast werden, wobei der erforderliche Sauerstoff für die Vergasung und Wasserstoff für die Methanol-Synthese in einer parallelen Elektrolyse erzeugt werden.

### Darstellung der Erfindung

[5] Der Erfindung liegt damit als **Aufgabe** zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung flüssiger Energieträger aus einem festen Kohlenstoffträger der eingangs erwähnten Art anzugeben, welches den Wirkungsgrad derartiger Verfahren wesentlich erhöht. Weiterhin soll eine Anlage zur Herstellung flüssiger Energieträger aus einem festen Kohlenstoffträger angegeben werden, die einen kompakten Aufbau aufweist und zur Herstellung von Brennstoff für den Einsatz in Arbeitsmaschinen zum Betrieb mobiler oder stationärer Arbeitsaggregate genutzt werden kann.

[6] Als feste Kohlenstoffträger sollen insbesondere solche mit verminderter Heizwert einsetzbar sein, d.h. fossile oder rezente Brennstoffe wie Biomasse oder Braunkohle, die durch einen deutlichen natürlichen Sauerstoffgehalt und damit einem gewissen Oxydationszustand und dadurch

bedingtem Heizwertverlust gegenüber sauerstoffarmen Brennstoffen gekennzeichnet sind. So beträgt z. B. im Holz das molare Kohlenstoff-Sauerstoff-Verhältnis 1:1. Der dadurch bedingte niedrige Energieinhalt soll durch Zuführung externer Energie nichtfossilen Ursprungs und deren Speicherung als chemische Energie in den herzustellenden Energieträgern kompensiert werden, wobei die Minimierung des Bedarfs an externer Energie einen wesentlichen Aspekt der Aufgabe darstellt. Ein weiterer Aspekt der Aufgabe besteht darin, dass das Verfahren ohne wesentliche verfahrensbedingte Kohlendioxidemission arbeiten soll.

[7] Die Erfindung löst die Aufgabe für das Verfahren durch die im Anspruch 1 angegebenen Merkmale und für die Anlage durch die Merkmale im Anspruch 10. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den jeweiligen Unteransprüchen gekennzeichnet und werden nachstehend zusammen mit der Beschreibung der bevorzugten Ausführung der Erfindung, einschließlich der Zeichnung, näher dargestellt.

[8] Der Kern der Erfindung besteht in der Weiterentwicklung eines Verfahrens zur Herstellung eines flüssigen Energieträgers aus einem Synthesegas, in einer Kompaktanlage durch Vergasung eines festen Kohlenstoffträgers. Die Kompaktanlage besteht mindestens aus einer Trocknungseinrichtung zum Trocknen des Kohlenstoffträgers, einem Vergasungsapparat zum Vergasen des Kohlenstoffträgers und zur Erzeugung des Synthesegases, einer Syntheseeinrichtung zur Synthese des flüssigen Energieträgers aus dem Synthesegas und einer Einrichtung zur Wasserelektrolyse zur Erzeugung von Sauerstoff als Vergasungsmittel für den Vergasungsprozess im Vergasungsapparat und Wasserstoff für den Syntheseprozess in der Syntheseeinrichtung.

[9] Verfahrensgemäß wird mindestens ein Teil des Abdampfes aus der Trocknungseinrichtung und mindestens ein Teil des bei der Synthese anfallenden Restgases dem Vergasungsprozess im Vergasungsapparat zugeführt. Der Abdampf erhöht 5 entsprechend dem thermodynamischen Wasser-Gas-Gleichgewicht die Bildung von Wasserstoff und das Restgas, welches Wasserstoff- und Kohlenmonoxidanteile enthält, erhöht wesentlich den Wirkungsgrad des Verfahrens.

[10] In einer Ausgestaltung werden die kohlenstoffhaltigen Rückstände aus dem Vergasungsapparat und ein Teil des in 10 der Einrichtung zur Wasserelektrolyse erzeugten Sauerstoffs dem Verbrennungsprozess in einem Verbrennungsapparat, der dem Vergasungsapparat nachgeordnet ist, zugeführt. Das kohlendioxyd- und sauerstoffhaltige Abgas aus dem Verbrennungsapparat wird dann in vorteilhafter Weise als 15 Vergasungsmittel dem Vergasungsprozess im Vergasungsapparat zugeführt.

[11] Der Trocknungsprozess des Kohlenstoffträgers in der Trocknungseinrichtung zur Erzeugung eines Abdampfes, der 20 frei von nicht kondensierenden Anteilen ist, wird entsprechend einer Ausführung im geschlossenen System und ohne Schleppluft durchgeführt.

[12] Der Abdampf aus der Trocknungseinrichtung, der nicht dem Vergasungsprozess im Vergasungsapparat zugeführt wird, kann in einem Kondensator kondensiert und extern als Wärmespender genutzt werden. 25

[13] In weiteren Ausgestaltungen kann das Synthesegas vor der Zuführung in die Syntheseeinrichtung einer Reinigung und/oder Kühlung unterzogen und die Reststoffe aus der 30 Gasreinigung und/oder das Restgas aus der Syntheseeinrich-

tung, die nicht dem Vergasungsprozess im Vergasungsapparat zugeführt werden, können dem Verbrennungsprozess im Verbrennungsapparat zugeführt werden.

[14] Die beim Vergasungsprozess und/oder der Synthese des flüssigen Energieträgers und/oder gegebenenfalls dem Verbrennungsprozess und/oder der Gasreinigung und -kühlung anfallende Abwärme wird in vorteilhafter Weise der Trocknungseinrichtung zugeführt.

[15] Die erfindungsgemäße Kombination der einzelnen Stoffströme ist insgesamt durch eine Zuführung von Energie externer Herkunft gekennzeichnet, die das dem natürlichen Oxydationszustand des eingesetzten Kohlenstoffträgers entsprechende Energiedefizit kompensiert und als gespeicherte Energie im Endprodukt enthalten ist. Über die Rückführung der Restgase in den Produktstrom wird eine nahezu vollständige Nutzung des im eingesetzten Kohlenstoffträger enthaltenen Kohlenstoffs gewährleistet und es fällt eine deponiefähige Asche an.

[16] Die Erzeugung der zusätzlichen Energie ist nicht Gegenstand der Erfindung. Im Sinne der Aufgabenstellung zur Schaffung eines Verfahrens zur vollständigen Ausnutzung des Kohlenstoffträgers und der weitgehenden Vermeidung einer Kohlendioxidemission sollte diese Energie jedoch nicht aus der Verbrennung fossiler oder rezenter Brennstoffe stammen.

[17] Soweit es für die Erfindung relevant ist, werden nachfolgend noch kurz die einzelnen Verfahrensschritte näher erläutert.

[18] Die Trocknung und Aufbereitung des Kohlenstoffträgers dient der Erhöhung des Heizwertes, da dieser im Urzustand in der Regel mit einem hohen Wassergehalt und damit niedrigem Heizwert zur Verfügung steht, und es können prinzipiell 5 alle bekannten Trocknungsverfahren eingesetzt werden. Der Grad der Trocknung wird in Abhängigkeit von der Elementarzusammensetzung des Kohlenstoffträgers und damit seines Energiegehaltes so gewählt, dass die nachfolgende Vergasung autotherm aufrecht erhalten werden kann. Je nach Art des 10 eingesetzten festen Kohlenstoffträgers kann zumindest ein Teil der für die Trocknung erforderlichen Wärmeenergie auch aus dem Vergasungsprozess auch ausgekoppelt werden.

[19] In der Ausführung der Erfindung mit nachgeordnetem Verbrennungsapparat wird der aus dem Vergasungsapparat 15 ausgetragene kohlenstoffhaltige feste Vergasungsrückstand unter Zuführung von Sauerstoff zu einem aus Kohlendioxid und überschüssigem Sauerstoff bestehenden Gas umgesetzt. Während im Vergasungsprozess eine reduzierende Atmosphäre vorherrscht, ist der Verbrennungsprozess von einer oxydierenden Atmosphäre gekennzeichnet. 20

[20] Mit der Wasserelektrolyse zur Herstellung von Wasserstoff und Sauerstoff fließt Elektroenergie externer Herkunft in das Verfahren ein. Die zuzuführende externe Energie kompensiert das Energiedefizit des sauerstoffhaltigen 25 Kohlenstoffträgers und wird letztendlich in einen Energiegehalt des flüssigen Energieträgers umgewandelt und somit in eine speicherbare Form überführt. Das bedeutet, dass mit diesem Verfahren prinzipiell auch Kohlenstoffträger mit höherem Heizwert, z.B. Steinkohle, in flüssige Energieträger 30 unter Speicherung der externen Energie in den herzustellenden flüssigen Produkten verarbeitet werden können.

[21] Bei der Gasreinigung und -kühlung wird das erzeugte Rohgas abgekühlt und auf die für die Synthese erforderliche Reinheit gebracht. Der Kühlung des erzeugten Rohgases wird insofern besondere Aufmerksamkeit gewidmet, da die Zusammensetzung auf Grund des Boudouard-Gleichgewichts temperaturabhängig ist, d.h. bei langsamer Abkühlung wandelt sich das im Gas enthaltene Kohlenmonoxid unter Abscheidung von Kohlenstoff zunehmend in Kohlendioxid um.

5 [22] In vorteilhafter Weise wird deshalb in der erfundungsgemäßen Anlage eine Kühlung in einem Wirbelschichtapparat bevorzugt. In diesem Wirbelschichtapparat befindet sich ein inertes Wirbelmaterial, das durch das zu kühlende Gas fluidisiert wird. Auf Grund des quasiflüssigen Zustandes einer Wirbelschicht besitzt diese eine nahezu

10 einheitliche Temperatur. Wenn das heiße Gas aus der Vergasung der deutlich kälteren Wirbelschicht zugeführt wird, erfolgt eine schockartige Abkühlung, wodurch die unerwünschte Kohlenmonoxidumsetzung vermieden wird.

15 [23] In dem Wirbelschichtapparat ist ein Wärmeübertrager in Form eines Rohr-, Platten- oder anderen Registers integriert, in dessen Inneren sich siedendes Wasser mit einem in gewissen Grenzen frei wählbaren Druck befindet, so dass die aus dem heißen Gas abgeführt Wärme in die entsprechende Menge Wasserdampf umgewandelt wird. Auf Grund des hohen 20 Wärmeübergangskoeffizienten in der Wirbelschicht gegenüber einem konventionellen Gaskühler kann die erforderliche Wärmeübertragerfläche um 70 bis 80 % reduziert werden. Der Wirbelschichtapparat fungiert also gleichzeitig als Dampferzeuger, in dem zumindest ein Teil des für die Trocknung 25 des Kohlenstoffträgers erforderlichen Heizdampfes erzeugt wird.

[24] Der Wirbelschichtapparat arbeitet zusätzlich auch als Gasreinigungsstufe. Durch die Abkühlung scheiden sich die im Rohgas enthaltenen Teer- und gegebenenfalls Staubanteile auf dem inerten Wirbelmaterial ab. Eine Regenerierung des beladenen Wirbelmaterials erfolgt entweder durch kontinuierliche oder periodische Entnahme eines Teilstromes, Abbrennen des Belages und Rückführung in den Wirbelschichtkühler. Vorteilhafterweise erfolgt diese Regenerierung des inerten Wirbelmaterials im Zusammenhang mit der Verbrennung des kohlenstoffhaltigen Rückstandes aus der Vergasung, wodurch eine Abgasemission vermieden und der Kohlenstoffanteil genutzt wird. Anschließend kann eine weitere Kühlung konventioneller Art und eine Gasfeinreinigung entsprechend den Anforderungen des Verfahrensschrittes Synthese erfolgen.

[25] Bei der Synthese wird das bei der Vergasung erzeugte und nachfolgend konditionierte Rohgas in einen flüssigen Energieträger umgewandelt. Dabei kann es sich je nach Bedarf um eine an sich bekannte Kohlenwasserstoffsynthese, z. B. nach Fischer-Tropsch, eine Methanolsynthese oder eine andere Synthese, z. B. eine Isobutylölsynthese, handeln. Da das für diese Synthesen erforderliche Verhältnis von Kohlenmonoxid und Wasserstoff im Rohgas aus der Vergasung bei Verzicht auf eine Kohlenmonoxidkonvertierung nicht eingehalten wird, sondern ein Überschuss an Kohlenmonoxid besteht, wird durch die Zugabe des Wasserstoffs aus der Wasserelektrolyse der Wasserstoffbedarf gedeckt und auf das für die Synthese erforderliche Kohlenmonoxid-Wasserstoff-Verhältnis eingestellt.

[26] Die genannten an sich bekannten Synthesen verlaufen auf Grund der herrschenden thermodynamischen Gesetzmäßigkeit nicht vollständig in Richtung des gewählten

Zielproduktes. Es verbleibt ein Restgas, dass neben gerin-  
gen nicht umgesetzten Wasserstoff- und Kohlenmonoxidantei-  
len auch noch einen thermodynamisch bedingten Kohlendioxid-  
anteil aus der Vergasung und Inertgasanteile aus dem Koh-  
5 lenstoffträger enthält.

[27] Die erfindungsgemäße Anlage zur Herstellung eines  
flüssigen Energieträgers aus einem Synthesegas besteht aus  
mindestens einer Trocknungseinrichtung zum Trocknen des  
Kohlenstoffträgers, einem Vergasungsapparat zum Vergasen  
10 des Kohlenstoffträgers, einer Syntheseeinrichtung zur  
Synthese des flüssigen Energieträgers aus dem Synthesegas  
und einer Einrichtung zur Wasserelektrolyse zur Erzeugung  
von Sauerstoff als Vergasungsmittel für den Vergasungs-  
prozess im Vergasungsapparat und Wasserstoff für den Syn-  
15 theseprozess in der Syntheseeinrichtung sowie einem Ver-  
brennungsapparat, der mit dem Ausgang für kohlenstoff-  
haltige Vergasungsrückstände aus dem Vergasungsapparat und  
dem Sauerstoffausgang der Einrichtung zur Wasserelektrolyse  
verbunden ist.

20 [28] Der Ausgang des Abdampfes aus der Trocknungseinrich-  
tung und/oder der Ausgang für Syntheserestgas aus der  
Syntheseeinrichtung ist/sind in einer Weiterbildung mit dem  
Vergasungsapparat verbunden. Damit kann Abdampf und Syn-  
theserestgas in den Vergasungsprozess eingeschleust werden.  
25 In diese Verbindung ist regelmäßig auch mindestens eine  
Einrichtung zur Regelung der Menge des Abdampfes und/oder  
des Restgases vorhanden.

[29] Weiterhin kann zwischen dem Vergasungsapparat  
und/oder der Syntheseeinrichtung und/oder dem Verbrennungs-  
30 apparat mindestens eine Einrichtung zur Gasreinigung  
und/oder -kühlung vorhanden sein. Die Einrichtung zur

Gasreinigung und/oder -kühlung kann als Wirbelschichtapparat mit integrierter Wasserdampferzeugung ausgebildet und der Ausgang des Wasserdampfes mit einem Eingang für Heizdampf an der Trocknungseinrichtung verbunden sein.

5 [30] Mit einer Abwärme-Sammeleinrichtung kann die Abwärme am Vergasungsapparat und/oder der Syntheseeinrichtung und/oder dem Verbrennungsapparat gesammelt und der Trocknungseinrichtung zugeführt werden.

10 [31] Der Vorteil der Erfindung besteht insbesondere darin, dass der Elektroenergiebedarf, gemessen an dem Energieinhalt des hergestellten flüssigen Energieträgers, z.B. im Fall der Methanolherstellung, von nahezu 100 % auf unter 50 %, bezogen auf den Energieinhalt des hergestellten Methanols, gesenkt werden kann.

15 [32] Dabei wurde gefunden, dass durch eine kombinierte Steuerung der Zuführung des Restgases aus der Synthese und des Abdampfes aus der Trocknung des Kohlenstoffträgers das Gesamtverfahren in einem weitgehend geschlossenen System realisiert werden kann. Der Bedarf an Sauerstoff für die 20 Vergasung und der Bedarf an Wasserstoff für die Konditionierung des Rohgases zur Synthese kann so gesteuert werden, dass das Volumenverhältnis praktisch 1:2 beträgt und somit dem Bildungsverhältnis bei der Wasserelektrolyse entspricht. Damit fallen aus der Elektrolyse keine Überschussmengen an Sauerstoff an.

25 [33] In vorteilhafter Weise kann die Bereitstellung der Elektroenergie aus sich spontan ändernden natürlichen Ressourcen mit klassisch erzeugter Elektroenergie kombiniert werden, wobei immer das Maximum von Energie aus 30 Windkraft, Wasserkraft oder Solarstrom eingesetzt wird.

[34] Weitere Vorteile sind die Minimierung des CO<sub>2</sub>-Austoßes sowie die weitgehend schadstofffreien Reststoffe in Form neutraler Asche.

### **Ausführungsbeispiel**

- 5 [35] Die Erfindung wird nachstehend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert. Die zugehörige Zeichnung zeigt ein Schema einer Anlage zur Herstellung eines flüssigen Energieträgers aus einem festen Kohlenstoffträger, einschließlich der erfindungsgemäßen Stoffströme.
- 10 [36] Die Anlage umfasst als Trocknungseinrichtung zum Trocknen des Kohlenstoffträgers einen Dampfwirbelschichttrockner 1, als Vergasungsapparat zum Vergasen des Kohlenstoffträgers und zur Erzeugung des Synthesegases einen Wirbelschichtvergaser 2, zur Synthese des flüssigen Energieträgers aus dem Synthesegas eine Syntheseeinrichtung 3 und einer Einrichtung zur Wasserelektrolyse 4. In der spezifischen Anlage ist weiterhin eine Wirbelschichtverbrennungsanlage 5 als Verbrennungsapparat sowie ein Wirbelschichtkühler 6 als Einrichtung zur Gasreinigung und -kühlung vorhanden.
- 15
- 20

[37] Alle Baugruppen sind in einer Kompaktanlage kombiniert und über entsprechende Stoffleitungen miteinander verbunden. Die einzelnen Stoffströme werden nachfolgend mit der Beschreibung des erfindungsgemäßen Verfahrens näher erläutert.

25

[38] Beispielhaft werden als Kohlenstoffträger 4.115 kg/h mechanisch aufbereitete Rohbraunkohle **E** mit einem Heizwert gleich 9.605 kJ/kg und einem Wassergehalt von 55 Masse-% dem Dampfwirbelschichttrockner 1 zugeführt und dort zu 5 2.184 kg/h Trockenbraunkohle **F** mit einem Restwassergehalt von 15,2 Masse-% und einem Heizwert von 20.250 kJ/kg getrocknet.

[39] Für die Trocknung ist ein Wärmebedarf von 1.831 kW erforderlich. Diese Wärme wird innerhalb der Anlage an 10 anderen Baugruppen gewonnen und dem Trocknungsprozess zugeführt. Im Beispiel wird der im Wirbelschichtkühler 6 als Einrichtung zur Gasreinigung und -kühlung erzeugte Heizdampf **S** genutzt.

[40] Unter den beispielhaften Bedingungen entstehen bei 15 der Trocknung 1.931 kg/h Dampf. Von dieser Gesamtmenge werden in einem ersten Teilstrom **R** erfindungsgemäß 1.046 kg/h dem Wirbelschichtvergaser 2 zugeführt. Ein zweiter Teilstrom **G** mit 885 kg/h wird einem Abdampfkondensator zugeführt, wobei die dort frei werdende Kondensationswärme von 557 kW als Niedertemperaturwärme einer 20 externen Nutzung zugeführt werden kann.

[41] Parallel zur Bereitstellung des aufbereiteten festen Kohlenstoffträgers sowie Abdampf aus der Trocknung für den Vergasungsprozess werden in der Einrichtung zur Wasserelektrolyse 4 aus Wasser **A** und zugeführter fremder Elektroenergie **B** 799 kg/h Sauerstoff und 115 kg/h Wasserstoff erzeugt. Der Elektroenergiebedarf dafür beträgt 4,77 MW. Entsprechend dem Anliegen des Verfahrens wird diese Energie vorzugsweise aus Wasser-, Wind- oder Sonnenenergieanlagen 25 gewonnen.

[42] Etwa ein Drittel des elektrolytisch erzeugten Sauerstoffs **C** wird über den Stoffstrom **C1** dem Wirbelschichtvergaser 2 zugeführt und zwei Drittel über den Stoffstrom **C2** der Wirbelschichtverbrennungsanlage 5. Die Verwendung 5 des Wasserstoffs über den Stoffstrom **D** wird später erläutert.

[43] Im Wirbelschichtvergaser 2 wird die Trockenbraunkohle **F** unter Zuführung des Sauerstoffs über den Stoffstrom **C1** ein Rohgas **H** erzeugt, wobei erfindungsgemäß weiterhin die 10 Stoffströme Dampf über den Teilstrom **R** und ein Gemisch **K** aus Kohlendioxid und Sauerstoff aus der Wirbelschichtverbrennungsanlage 5 sowie ein Syntheserestgas **O**, in dem restliche Anteile an Kohlenmonoxid und Wasserstoff aus der Syntheseeinrichtung 3 enthalten sind, einfließen. Die 15 Vergasung wird bei einer mittleren Vergasungstemperatur von 630 °C durchgeführt. Das Syntheserestgas **O** wird in einer Menge von 2.369 kg/h zugeführt.

[44] Im Beispiel werden nach der Reinigung des Rohgases **H** letztendlich 5.658 kg/h Reingas **M** mit 27,5 Vol.-% Kohlenmonoxid und 35,0 Vol.-% Wasserstoff erzeugt. Der Rest 20 besteht im Wesentlichen aus Kohlendioxid und geringen Mengen Wasserdampf und Methan.

[45] Der kohlenstoffhaltige Vergasungsrückstand **I** aus dem Wirbelschichtvergaser 2 und Sauerstoff über den Stoffstrom 25 **C2** werden der Wirbelschichtverbrennungsanlage 5 zugeführt und dort unter oxydierender Atmosphäre zu einem Gemisch **K** aus Kohlendioxid und Sauerstoff umgesetzt. Dieses Gasgemisch **K** wird, wie bereits erwähnt, dem Vergasungsprozess im Wirbelschichtvergaser 2 zugeführt. Die Stoffströme werden 30 dabei so geregelt, dass eine Verbrennungstemperatur von etwa 900 °C aufrecht erhalten wird.

[46] Als Abfallprodukt des Verbrennungsprozesses verbleibt lediglich die Asche **L**, die frei von Calciumsulfid ist und infolgedessen bei Feuchtigkeitseinwirkung nicht zur Schwefelwasserstoffentwicklung neigt. Die Asche **L** kann deshalb  
5 problemlos deponiert werden.

[47] Das Rohgas **H** wird im Wirbelschichtkühler 6 gereinigt und gekühlt. Im Wirbelschichtkühler 6 ist ein inertes Wirbelmaterial vorhanden, das durch das Rohgas in einem Wirbelzustand gehalten wird. In die Wirbelschicht taucht  
10 ein Rohrwärmeübertrager mit einer Wärmeübertragerfläche von ca. 200 m<sup>2</sup>, in dessen Rohren sich im Betriebszustand siegendes Wasser von 191 °C und 12,6 bar befindet. Dem Rohgas **H** wird die nutzbare Wärme entzogen und ein Wasserdampfstrom mit den gleichen Parametern erzeugt, der wie erwähnt als  
15 Heizdampf **S** dem Dampfwirbelschichttrockner 1 zugeführt wird. Die Wirbelschichtkühlung wirkt gleichzeitig als Gasreinigung, da bei der Abkühlung des Gases von 630 °C auf 230 °C die kondensierenden Teerbestandteile und im rohen Gas enthaltener Staub auf dem inerten Wirbelmaterial niedergeschlagen werden. Das Wirbelmaterial mit den Rückständen aus der Gasreinigung **N** kann zur Regenerierung der  
20 Wirbelschichtverbrennungsanlage 5 zugeführt werden.

[48] Soweit das gekühlte Synthesegas **M** noch nicht den Erfordernissen der nachfolgenden Methanolsynthese entspricht, insbesondere Einhaltung der Grenzwerte für die Katalysatorbelastung, können geeignete Maßnahmen entsprechend dem Stand der Technik getroffen werden.  
25

[49] In der Syntheseeinrichtung 3 wird dann das Synthesegas **M** unter Einhaltung des für die Synthese von Methanol erforderlichen Volumenverhältnisses Wasserstoff : Kohlenmonoxid im Reingas von rund 2,05 durch Zuführung des  
30

Wasserstoffs über den Stoffstrom **D** aus der Einrichtung Wasserelektrolyse 4 gewährleistet. Im Syntheseprozess entstehen im Wesentlichen Methanol und einige Nebenprodukte wie Dimethylether und höhere Alkohole, die im Zielprodukt 5 Rohmethanol **Q** verbleiben können.

[50] Im Syntheseprozess fällt noch ein Syntheserestgas **O** an, in dem restliche Anteile an Kohlenmonoxid und Wasserstoff und auch das im Synthesegas vorhandene Kohlendioxid sowie Bestandteile von Inertgas enthalten sind. Das Syntheserestgas **O** wird, wie bereits erläutert, in einer Menge von 2.369 kg/h dem Wirbelschichtvergaser 2 zugeführt. Ein Teilstrom des Restgases in einer Menge von 1.276 kg/h wird als Ausschleusgas **P** aus dem System entfernt, um eine Anreicherung der inerten Gasbestandteile zu vermeiden.

[51] Insgesamt wird im Ergebnis des Syntheseprozesses aus 4.115 kg/h mechanisch aufbereitete Rohbraunkohle **E** ein Rohmethanol **Q** in der Menge von 1.931 kg/h mit einer chemisch gebundenen Leistung von 10.647 kW erzeugt. Bezogen auf die für die Elektrolyse aufzuwendende Leistung sind das 20 223 %.

**Liste der verwendeten Bezugszeichen**

- 1 Dampfwirbelschichttrockner
- 2 Wirbelschichtvergaser
- 3 Syntheseeinrichtung
- 4 Einrichtung zur Wasserelektrolyse
- 5 Wirbelschichtverbrennungsanlage
- 6 Wirbelschichtkühler

**Kennzeichnung der Stoffströme**

- A Wasser
- B Elektroenergie
- C Sauerstoff
- C1 Sauerstoff erster Stoffstrom
- C2 Sauerstoff zweiter Stoffstrom
- D Wasserstoff
- E Rohbraunkohle
- F Trockenbraunkohle
- G Abdampf Teilstrom
- H Rohgas
- I Vergasungsrückstand
- K Gasgemisch
- L Asche
- M Reingas
- N Rückstände der Gasreinigung
- O Syntheserestgas
- P Ausschleusgas
- Q Rohmethanol
- R Abdampf Teilstrom
- S Heizdampf

**Ansprüche**

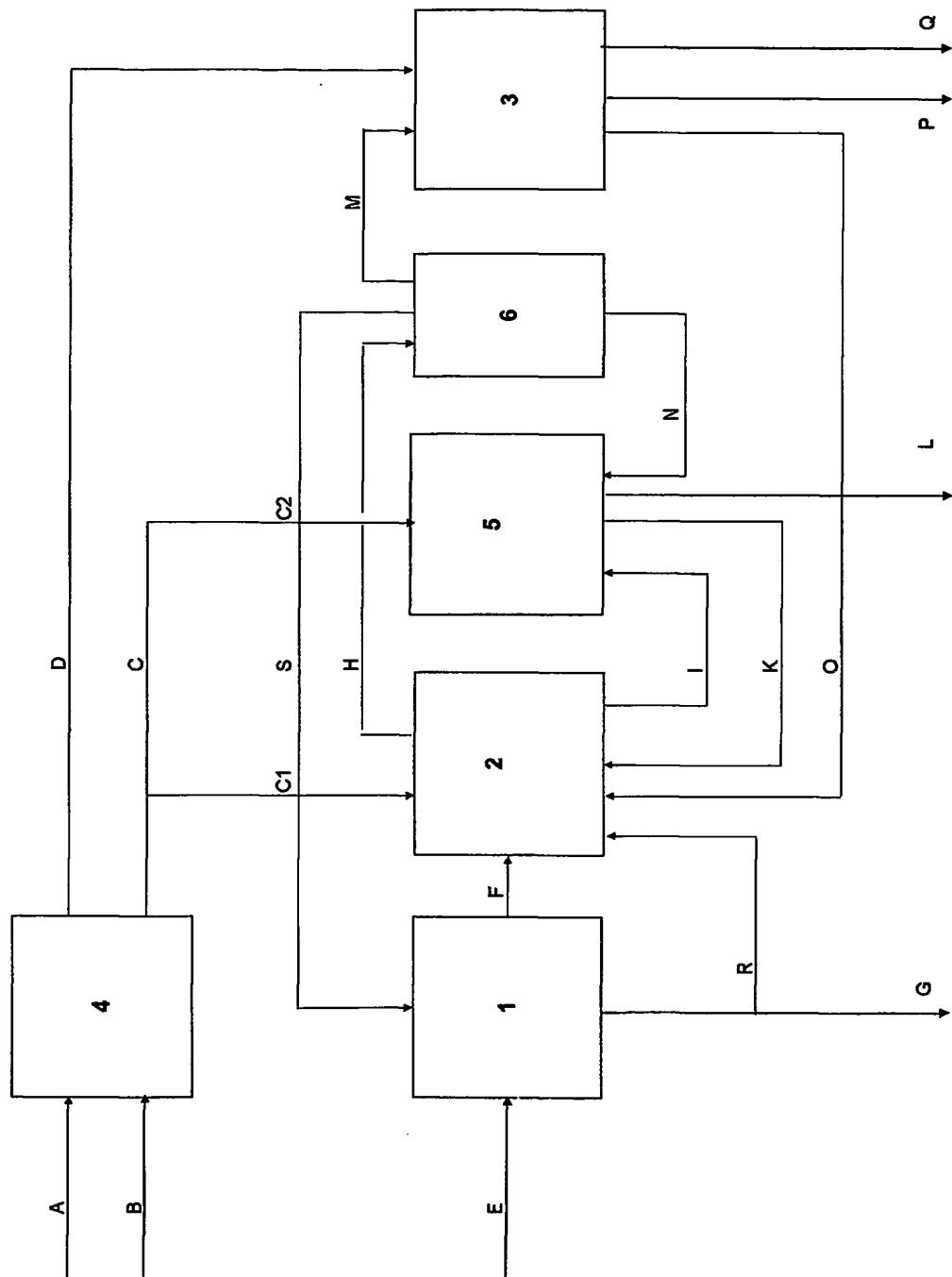
1. Verfahren zur Herstellung eines flüssigen Energieträgers aus einem Synthesegas, welches in einer Anlage durch Vergasung eines festen Kohlenstoffträgers erzeugt wird, die mindestens aus einer Trocknungseinrichtung zum Trocknen des Kohlenstoffträgers, einem Vergasungsapparat zum Vergasen des Kohlenstoffträgers und zur Erzeugung des Synthesegases, einer Syntheseeinrichtung zur Synthese des flüssigen Energieträgers aus dem Synthesegas und einer Einrichtung zur Wasser-elektrolyse zur Erzeugung von Sauerstoff als Vergasungsmittel für den Vergasungsprozess im Vergasungsapparat und Wasserstoff für den Syntheseprozess in der Syntheseeinrichtung besteht, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein Teil des Abdampfes aus der Trocknungseinrichtung und mindestens ein Teil des bei der Synthese anfallenden Restgases dem Vergasungsprozess im Vergasungsapparat zugeführt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** kohlenstoffhaltige Rückstände aus dem Vergasungsapparat und ein Teil des in der Einrichtung zur Wasserelektrolyse erzeugten Sauerstoffs dem Verbrennungsprozess in einem Verbrennungsapparat innerhalb der Kompaktanlage zugeführt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** als fester Kohlenstoffträger ein solcher mit verminderter Heizwert ausgewählt wird, der entsprechend seiner Ausgangsstruktur vor der Eingabe in der Trocknungseinrichtung im erforderlichen Umfang konditioniert wird.

4. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das kohlendioxyd- und sauerstoffhaltige Abgas aus dem Verbrennungsapparat als Vergasungsmittel dem Vergasungsapparat zugeführt wird.
- 5 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Trocknungsprozess des Kohlenstoffträgers in der Trocknungseinrichtung zur Erzeugung eines Abdampfes, der frei von nicht kondensierenden Anteilen ist, im geschlossenen System und ohne Schleppluft durchgeführt wird.  
10
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abdampf aus der Trocknungsseinrichtung, der nicht dem Vergasungsprozess im Vergasungsapparat zugeführt wird, in einem Kondensator kondensiert wird.  
15
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Synthesegas vor der Zuführung in die Syntheseeinrichtung einer Reinigung und/oder Kühlung unterzogen wird.
- 20 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** Reststoffe aus der Gasreinigung und/oder Restgas aus der Syntheseeinrichtung, das nicht dem Vergasungsprozess im Vergasungsapparat zugeführt wird, dem Verbrennungsprozess im Verbrennungsapparat zugeführt wird bzw. werden.  
25

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beim Vergasungsprozess und/oder der Synthese des flüssigen Energieträgers und/oder gegebenenfalls dem Verbrennungsprozess und/oder der Gasreinigung und -kühlung anfallende Abwärme der Trocknungseinrichtung zugeführt wird.
10. Anlage zur Herstellung eines flüssigen Energieträgers aus einem Synthesegas, welches durch Vergasung eines festen Kohlenstoffträgers erzeugt wird, bestehend aus mindestens einer Trocknungseinrichtung zum Trocknen des Kohlenstoffträgers, einem Vergasungsapparat zum Vergasen des Kohlenstoffträgers, einer Synthese-einrichtung zur Synthese des flüssigen Energieträgers aus dem Synthesegas und einer Einrichtung zur Wasserelektrolyse zur Erzeugung von Sauerstoff als Vergasungsmittel für den Vergasungsprozess im Vergasungsapparat und Wasserstoff für den Syntheseprozess in der Syntheseeinrichtung, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Verbrennungsapparat vorhanden ist, der mit dem Ausgang aus dem Vergasungsapparat für kohlenstoffhaltige Vergasungsrückstände und dem Sauerstoffausgang der Einrichtung zur Wasserelektrolyse verbunden ist.
11. Anlage nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Vergasungsapparat mit dem Auslass für ein Syntheserestgas an der Syntheseeinrichtung verbunden ist.

12. Anlage nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen dem Vergasungsapparat und/oder der Syntheseeinrichtung und/oder dem Verbrennungsapparat eine Einrichtung zur Gasreinigung und/oder -kühlung vorhanden ist.  
5
13. Anlage nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens eine Einrichtung zur Gasreinigung und/oder -kühlung als Wirbelschichtapparat mit integrierter Wasserdampferzeugung ausgebildet und der Ausgang des Wasserdampfes mit einem Eingang für Heizdampf an der Trocknungseinrichtung verbunden ist.  
10
14. Anlage nach einem der Ansprüche 10 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Abwärme-Sammeleinrichtung vorhanden ist, die die Abwärme am Vergasungsapparat und/oder der Syntheseeinrichtung und/oder dem Verbrennungsapparat sammelt und der Trocknungseinrichtung zuführt.  
15
15. Anlage nach einem der Ansprüche 10 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ausgang des Abdampfes aus der Trocknungseinrichtung und/oder der Ausgang des Restgases aus der Syntheseeinrichtung mit dem Vergasungsapparat verbunden ist und in dieser Verbindung eine Einrichtung zur Regelung der Menge des Abdampfes und/oder des Restgases vorhanden ist.  
20  
25

- 1/1 -



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE2004/002766

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 C10J3/54 C10J3/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 C10J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No
A	<p>GOUSE S W ET AL: "INTEGRATION OF FOSSIL AND RENEWABLE ENERGY TECHNOLOGIES TO MITIGATE CARBON DIOXIDE"            ENERGY CONVERSION AND MANAGEMENT, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS, OXFORD, GB,            vol. 34, no. 9-11, 1993, pages 1023-1030,            XP008020608            ISSN: 0196-8904            figure 4</p> <p>-----</p> <p>-/-</p>	1,10

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex

\* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance, the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

30 May 2005

Date of mailing of the international search report

07/06/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.  
 Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Lapeyrere, J

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/DE2004/002766
---

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No
A	HAMELINCK C N ET AL: "Future prospects for production of methanol and hydrogen from biomass" JOURNAL OF POWER SOURCES, ELSEVIER SEQUOIA S.A. LAUSANNE, CH, vol. 111, no. 1, 18 September 2002 (2002-09-18), pages 1-22, XP004380118 ISSN: 0378-7753 figure 1 -----	1,10
A	US 2002/112403 A1 (POPE LEROY B ET AL) 22 August 2002 (2002-08-22) abstract; figures paragraph '0038! -----	1,10
A	US 2002/134019 A1 (PAISLEY MARK A) 26 September 2002 (2002-09-26) abstract; figure 1 paragraph '0028! - paragraph '0030! -----	1
P,A	US 2004/182294 A1 (HAHN HANS HELMUT ET AL) 23 September 2004 (2004-09-23) abstract; figures paragraph '0127! -----	1
P,A	US 2004/079087 A1 (CHANDRAN RAVI ET AL) 29 April 2004 (2004-04-29) abstract; figure 1 paragraph '0081! - paragraph '0082! -----	1

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No  
PCT/DE2004/002766

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
US 2002112403	A1	22-08-2002	NONE		
US 2002134019	A1	26-09-2002	AU 3276302 A CA 2433024 A1 EP 1352042 A2 JP 2004528399 T WO 0250214 A2	01-07-2002 27-06-2002 15-10-2003 16-09-2004 27-06-2002	
US 2004182294	A1	23-09-2004	AU 2028802 A BR 0116055 A CA 2430999 A1 EP 1373440 A2 WO 0246332 A2 ZA 200305257 A	18-06-2002 30-09-2003 13-06-2002 02-01-2004 13-06-2002 08-10-2004	
US 2004079087	A1	29-04-2004	AU 7062200 A CA 2382043 A1 EP 1210399 A1 TR 200201283 T2 WO 0112754 A1	13-03-2001 22-02-2001 05-06-2002 23-09-2002 22-02-2001	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/DE2004/002766

**A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 7 C10J3/54 C10J3/06

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )  
IPK 7 C10J

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr Anspruch Nr.
A	<p>GOUSE S W ET AL: "INTEGRATION OF FOSSIL AND RENEWABLE ENERGY TECHNOLOGIES TO MITIGATE CARBON DIOXIDE"            ENERGY CONVERSION AND MANAGEMENT, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS, OXFORD, GB,            Bd. 34, Nr. 9-11, 1993, Seiten 1023-1030,            XP008020608            ISSN: 0196-8904            Abbildung 4</p> <p>-----</p> <p style="text-align: center;">-/--</p>	1,10

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- \*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- \*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- \*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- \*&\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
30. Mai 2005	07/06/2005
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  Europäisches Patentamt, P B 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel (+31-70) 340-2040, Tx 31 651 epo nl. Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter  Lapeyrere, J

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/DE2004/002766
---

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr
A	HAMELINCK C N ET AL: "Future prospects for production of methanol and hydrogen from biomass" JOURNAL OF POWER SOURCES, ELSEVIER SEQUOIA S.A. LAUSANNE, CH, Bd. 111, Nr. 1, 18. September 2002 (2002-09-18), Seiten 1-22, XP004380118 ISSN: 0378-7753 Abbildung 1 -----	1,10
A	US 2002/112403 A1 (POPE LEROY B ET AL) 22. August 2002 (2002-08-22) Zusammenfassung; Abbildungen Absatz '0038!	1,10
A	US 2002/134019 A1 (PAISLEY MARK A) 26. September 2002 (2002-09-26) Zusammenfassung; Abbildung 1 Absatz '0028! - Absatz '0030!	1
P,A	US 2004/182294 A1 (HAHN HANS HELMUT ET AL) 23. September 2004 (2004-09-23) Zusammenfassung; Abbildungen Absatz '0127!	1
P,A	US 2004/079087 A1 (CHANDRAN RAVI ET AL) 29. April 2004 (2004-04-29) Zusammenfassung; Abbildung 1 Absatz '0081! - Absatz '0082!	1

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2004/002766

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2002112403	A1	22-08-2002	KEINE		
US 2002134019	A1	26-09-2002	AU 3276302 A CA 2433024 A1 EP 1352042 A2 JP 2004528399 T WO 0250214 A2		01-07-2002 27-06-2002 15-10-2003 16-09-2004 27-06-2002
US 2004182294	A1	23-09-2004	AU 2028802 A BR 0116055 A CA 2430999 A1 EP 1373440 A2 WO 0246332 A2 ZA 200305257 A		18-06-2002 30-09-2003 13-06-2002 02-01-2004 13-06-2002 08-10-2004
US 2004079087	A1	29-04-2004	AU 7062200 A CA 2382043 A1 EP 1210399 A1 TR 200201283 T2 WO 0112754 A1		13-03-2001 22-02-2001 05-06-2002 23-09-2002 22-02-2001